

第1章 クルマの中の“組み込み技術”

——写真で見る最新組み込みシステム

編集部

ひと言で「組み込み機器」といってもその分野は幅広く，単純にスイッチのON/OFFに応じてランプの点灯・消灯を制御するものから，膨大な画像データを読み込んで処理を施し，ディスプレイに映し出すものまでさまざまである．ここでは，現在もっとも注目を集めている組み込みシステムの一つである「自動車」の機能を取り上げながら，組み込み技術の事例を紹介する．自動車は，かつては複雑な機械システムの代表格だった．しかし，現在では電子系の最新技術もふんだんに取り入れられている．（編集部）

ここでは，自動車に関する技術展示やデモンストレーションを行っているトヨタ会館（愛知県豊田市）注の展示のようすを写真で示しながら，最新の組み込み技術の事例を紹介していきます．

1 “組み込み”の定義

エレクトロニクス業界では，「組み込み機器（embedded system）」，「組み込みソフトウェア（embedded software）」，「組み込みプロセッサ（embedded processor）」といったことばが頻繁に使われています．ここでいう「組み込み（embedded）」とは，いったいどのようなものを指しているのでしょうか．

組み込み機器とは，おおざっぱに言ってしまえば，「コンピュータ（マイクロコントローラ）が内部に組み込まれており，そのコンピュータに特定のアプリケーションに特化した処理を行わせる電子装置」です（**図1**）．例えば，携帯電話はマイクロコントローラに音声処理や通信プロトコル処理などを行わせる組み込み機器ですし，ある種の炊飯器はお米の状態に合わせておいしくご飯が炊きあがるようにマイクロコントローラでおかまの中の状態を制御する組み込み機器です．ハイビジョン・テレビやDVDレコーダなど，ディジタル家電と呼ばれる製品の多くも組み込み機器です．一方，パソコンは，ソフトウェア・プログラムを入れ替えることによってさまざまな用途で使用可能になる汎用機器です．これは，組み込み機器ではありません．

以前はマイクロコントローラなどを搭載せず，機械的な機構（あるいはごく少量のディスクリート部品と電気配線）のみで制御されていた機器が，利用者の利便性や安全性の向上，および開発期間の短縮を理由に，今では組み込み機

注：トヨタ会館では，展示物や映像などによってトヨタ自動車の車づくりについて紹介している．入場料は無料．トヨタ会館のホームページのURLは「http://www.toyota.co.jp/toyotakaikan/」．

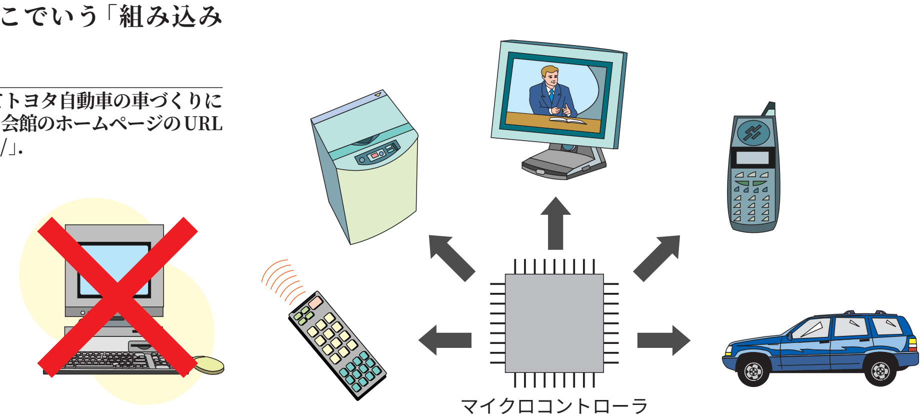


図1
いたるところに組み込み技術
生活の中で何げなく使っているものの多くに組み込み技術が用いられている．組み込み技術とは，マイクロコントローラ（とソフトウェア・プログラム）を用いて，特定のアプリケーションに特化した処理を行わせる技術である．パソコンなどの汎用コンピュータは組み込み技術に含まれない．

器になっているというケースも少なくありません．この背景には，マイクロコントローラの低価格化と電子機器が搭載する機能の多様化・複雑化があります．

2 写真で見る“クルマ”の中の組み込み技術

現在，もっとも注目されている組み込み機器の一つに，自動車があります．自動車が世の中に出てきた当初は，機械的な制御がほとんどでした．電気系のものといえばヘッドライト装置や発電機などで，マイクロコントローラなどは搭載されていませんでした．

その後，自動車の普及に伴い，交通事故による死傷者の増加，排気ガスによる大気汚染や地球温暖化といった問題が出てきました．そして，「安全性の向上」や「環境対策」という要求が自動車に突きつけられました．こうした要求に対応するため，さまざまな電子装置が自動車に搭載されるようになりました．

● クルマの頭脳「ECU」

現在，高級車では1台に何十個ものマイクロコントローラが搭載されています．マイクロコントローラが搭載された一つの制御単位を自動車ではECU（Electronic Control Unit；電子制御ユニット）と呼びます．通常，制御対象ごとに異なるECUが使われています（例えば，ブレーキ制御用ECU，電動パワー・ステアリング制御用ECUなど）．

ECUの数が増えていく中，それぞれの制御システムごとに閉じるのではなく，自動車全体を一つのシステムとして成り立たせるために，ECUどうしのつながりを考える必要が出てきました．そこで登場したのが，自動車の内部に構築するネットワークです．例えば，CAN（controller area network）やLIN（local interconnect network），FlexRayなどの車載ネットワーク規格が標準化されています．

● 安全性向上の機能は自動車のあらゆる場所に

安全性向上のため，今ではほとんどの自動車に標準で装備されている機能として，エア・バッグがあります（**写真1**）．エア・バッグは衝突事故が起こったとき，乗員への衝撃を軽減するために機能します．こうした安全のための機能も，個別のECUによって制御されています．

また，最近では，「事故をできるかぎり起こさない」という安全性能（アクティブ・セーフティ）が求められるようになってきています．このようなアクティブ・セーフティの一例として，トヨタ自動車の「クラウン マジェスタ」の機能を見ていきます（**写真2**）．



写真1　エア・バッグ
トヨタ会館のパッシブ・セーフティに関する展示．エア・バッグは衝突事故が起こった際に，乗員への衝撃を軽減するために機能する．



写真2
自動車における安全性能システム
写真はトヨタ自動車の「クラウン マジェスタ」．クラウン マジェスタ（Cタイプ）には，道路の状況に合わせて安定した走行を行う機能（VDIM：Vehicle Dynamics Integrated Management）や，カーブにおいてヘッドライトの照射軸を制御する機能（AFS：Adaptive Front-lighting System）などが標準装備されている．写真の中で，紫色に示した機能はメーカ・オプション．

1



写真3　AFSとレーダ・クルーズ

エンブレムの奥にはミリ波レーダが配置されており，ここから出される電波の反射時間を利用して前方を走る車や障害物との距離を測定する．外側のヘッドライト（ロー・ビーム）の照射軸をハンドル角や車速に応じて調整することで，カーブを曲がるときの視認性を向上させる．





写真4
近赤外線カメラ

メーカ・オプションの「ナイトビュー」は近赤外線の反射を利用して，夜間走行の安全性を向上させる機能．

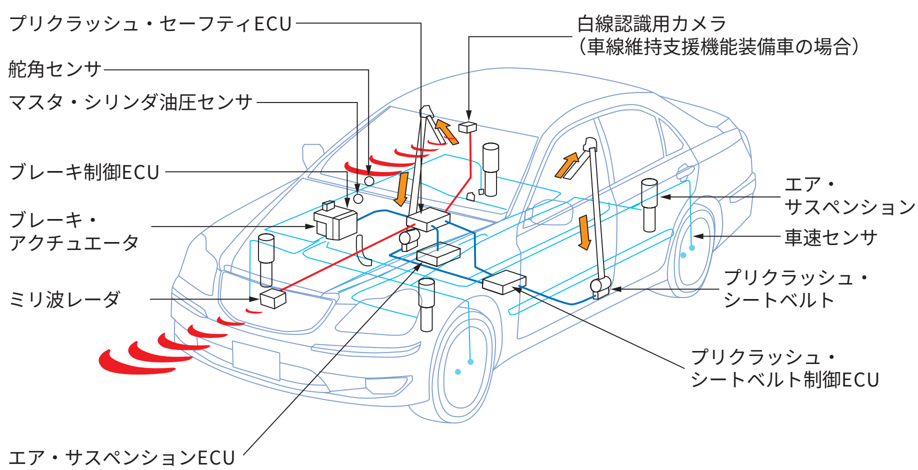


図2
クルマの頭脳ECU[2]

トヨタ自動車のクラウン マジェスタのプリクラッシュ・セーフティ・システム（レーダ方式）の構成．このシステムを実現するだけでも，四つのECUが必要になる．なお，図中の白線認識用カメラは，メーカ・オプションの「車線維持支援（LKA：Lane Keeping Assist）」という機能を装備した場合に取り付けられる．この機能は，CMOSカメラで取り込んだ車線（白線）の画像から位置情報を割り出して，自動車が車線からそれないように電動パワー・ステアリングを制御する．

1）前方車追従機能

写真3のエンブレム（トヨタ自動車のマーク）の奥には，ミリ波レーダが配置されています．このミリ波レーダの電波が前を走行する自動車に反射して返ってくるまでの時間を測定することで，車間距離を測ります．このデータをもとにブレーキやアクセルを制御して，前方車両との距離を一定に保つように走行します．このような機能を「レーダ・クルーズ」と呼びます．

このレーダ・クルーズとシートベルトなどの制御を合わせて，「プリクラッシュ・セーフティ」という機能を実現しています．この機能は，車間距離の情報をもとに，障害物と衝突する危険性があると判断すると，ドライバに警報を出します．また，必要に応じてシートベルトの巻き取りや衝突速度を抑えるためのブレーキングなどを自動的に行って，衝突の被害を軽減する支援を行います．

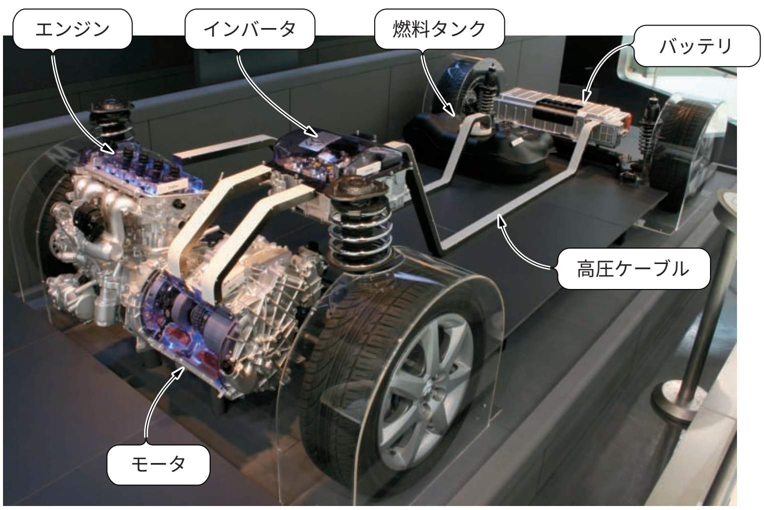
このプリクラッシュ・セーフティ・システムだけを見ても，ブレーキ制御用ECU，エア・サスペンションECU，プリクラッシュ・シートベルトECU，プリクラッシュ・セーフティECUといった四つのECUが使用されています．（**図2**）．

2）ヘッドライト制御機能

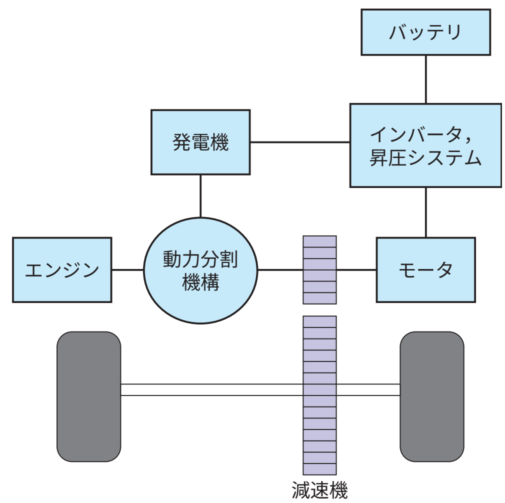
夜間，カーブを曲がる場合，ハンドルを切る方向（角度）



写真5
クリアランス・ソナー
超音波センサが自動車の前後に合計6個配置されている．センサによる障害物の検知を行う．



(**a**) プリウスの電力供給システムの模型(トヨタ会館の展示)



(**b**) ハイブリッド・システムの概要

図3　ハイブリッド車[3]
トヨタ自動車の「プリウス」は，1.5l(リットル)ガソリン・エンジンとニッケル水素バッテリを搭載したハイブリッド車である．10·15モード(国土交通省が定めた燃費測定のための試験条件)のもとでの燃費は35.5km/l．

と自動車の速度に合わせてヘッドライトの光の当たる範囲を調整する機能を，AFS(Adaptive Front-lighting System)と呼びます．クラウン・マジェスタの場合，右に曲がるときは最大15 °，左に曲がるときは最大5 °でコーナ内側のヘッドライト(ロー・ビーム)が稼働します(**写真3**)．

3）夜間走行時の視覚補助機能(ナイトビュー)

展示されていたクラウン マジェスタには，バックミラーの横(助手席側)に近赤外線カメラが取り付けてあります(**写真4**)．夜間の走行時，自動車の前方を近赤外線(ヘッドライトのハイ・ビームの光を赤外線透過の可視光カット・フィルタに通す)で照射して，このカメラで撮影します．撮影した画像をドライバの前のフロント・ガラス下部にあるヘッドアップ・ディスプレイに表示することで，夜間の視認性を向上させます．

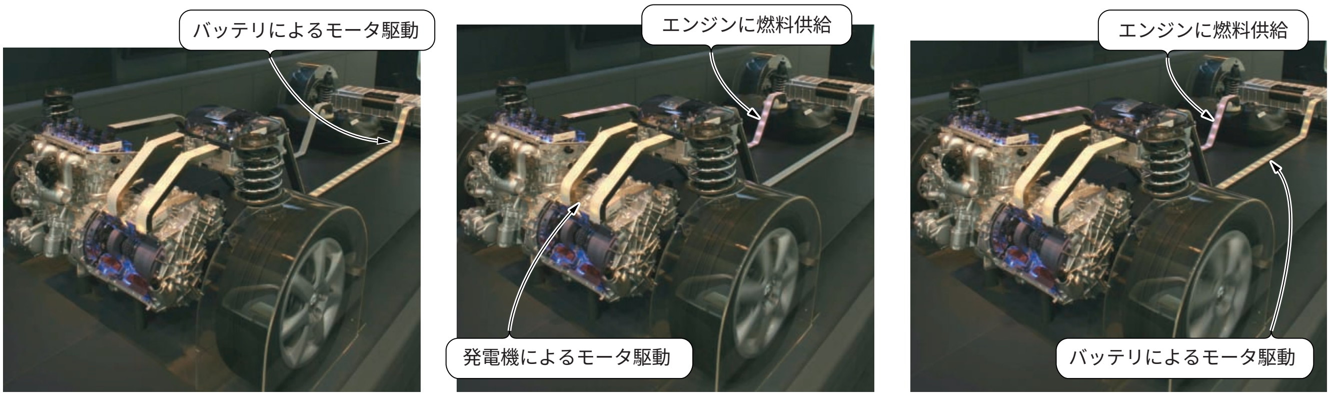
4）障害物接近検知機能

フロント・バンパに四つ，リア・バンパに二つ付いている超音波センサによって，前方および後方の障害物の位置を特定します(**写真5**)．障害物を検知すると，計器盤(インパネ)に表示したり，ブザーを鳴らしてドライバの注意を喚起します．

● 環境問題にこたえるハイブリッド車のしくみ

安全とともに，現在，もっとも自動車メーカが注力している課題は「環境」です．地球温暖化を防ぐため，自動車の排気ガスに含まれる温室効果ガス(CO_2)の削減は必須です．

こうした問題を解決する一つの手段として，ハイブリッ



(a) 発進時　(b) 通常走行時　(c) 急加速時

写真6　ハイブリッド車の電力供給のしくみ（トヨタ会館の展示）
トヨタ自動車の「プリウス」の模型．黄色いランプはバッテリによるモータ駆動を，赤いランプはエンジンによる走行を表している．

ド車が実用化されています．ハイブリッド車とは，従来の（機械式）エンジンと電気モータを併用して走行する自動車です（図3）．走行状態に応じて，エネルギー効率が最大になるようにこの二つの駆動源を制御することで，CO_2の排出を抑えます．

写真6は，トヨタ会館に展示されているトヨタ自動車のハイブリッド車「プリウス」の電力供給や燃料供給のしくみを示した模型です．これを見ると，走行状態によって駆動源が使い分けられていることがわかります．

写真6(a)は発進時の状態です．黄色いランプの点灯がバッテリからモータに電力を供給していることを示しています．エンジンの回転数が十分に上がっていない場合，燃費効率が落ちます．そのため，ハイブリッド車の発進時はモータのみで走行させます．

写真6(b)は通常走行時のようすです．赤いランプの点灯がエンジンへ燃料を供給していることを表しています．発電機からモータへの電力供給を示す黄色いランプも点灯しています．つまり，通常走行では，モータとエンジンを併用して車輪を駆動していることがわかります．二つの駆動源を使って燃費効率が最大になるように制御されます．

写真6(c)は，急加速時のようすです．通常走行の場合と異なり，バッテリからモータに電力が供給されていることがわかります．このとき，バッテリの出力電圧を昇圧回路によって最大500Vに引き上げてからモータに供給しています．さらに，エンジンによって車輪を駆動することで，急加速性能を向上させています．

なお，減速時には，モータによって制動をかけます．このときの制動エネルギーを電気エネルギーに変換してバッテリに蓄えます．停止時には，エンジンもモータも停止（アイドリング・ストップ）するため，CO_2を排出することもありません．

＊　＊　＊

ここでは，「安全」や「環境」に絡む自動車の中の組み込み技術について紹介しました．自動車の中のさまざまな機能はすべてマイクロコントローラによって制御されています．そして，今後，ますます多くのマイクロコントローラが自動車に組み込まれていくことになると思われます．

参考・引用*文献

(1) 佐藤道夫，西野信；人と地球にやさしいクルマを作る組み込み技術，pp.28-42，Design Wave Magazine，2004年7月号．
(2)* トヨタ自動車の新型車技術広報資料（新型クラウンマジェスタ）に関するホームページ，http://www.toyota.co.jp/jp/tech/new_cars/crown_majesta/safety/crash.html．
(3) トヨタ自動車のプリウスに関するホームページ，http://toyota.jp/prius/．